

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：睡眠对婴幼儿学习的记忆巩固作用

作者：彭芝琳，郑若颖，胡晓晴，张丹丹

第一轮

审稿人 1 意见：

本文系统地介绍婴幼儿睡眠依赖性记忆巩固的行为和脑研究进展，有助于推动对婴幼儿睡眠记忆巩固机制的深入理解，并且对未来该领域如何开展研究提供了建设性意见。建议对以下问题进行思考与改进：

意见 1：作者提到近些年在睡眠对婴幼儿学习的记忆巩固方向的研究较少，因为对于这些特殊被试目前还存在方法学上的研究瓶颈。建议作者指出未来研究可以如何在方法上（如使用什么新范式）突破当前的技术瓶颈呢？

回应：感谢您的建议。本次修改中，我们在展望部分补充了相关内容（316-318 行）。

意见 2：文中定义婴儿是指出生后一岁以内的孩子（包括新生儿期，即出生后 28 天以内的婴儿），但有关婴儿认知心理学的研究中也把比如 18 个月的称为婴儿，所以建议再斟酌一下此定义。

回应：感谢您的建议。本文采用了临床儿科学关于婴幼儿的定义，即婴儿为 1 岁以内的孩子，幼儿为满一周岁至三周岁的孩子。本文在行文时也严格按照此定义，对各个文献进行介绍和评述。

意见 3：作者把睡眠对婴幼儿陈述性记忆的巩固作用的实验研究进行了系统梳理并制作成表格。建议也把睡眠对婴幼儿程序性记忆的巩固作用的实验研究也制作成表格，更有助于读者对比理解。

回应：本次修改中，我们将睡眠对婴幼儿程序性记忆的巩固作用的实验研究整理为表格形式，请见表格 2。

意见 4：事实上，婴幼儿的学习能力这一概念可能还是比较模糊或过于宽泛，有别于青少年儿童或成人的学习能力。建议在引言第四段“行为学研究表明，睡眠能提高婴幼儿的学习能力”给出婴幼儿的学习能力的定义，或者列出一些例子，是婴幼儿对什么的学习。

回应：感谢您的建议，已添加（见 41-43 行）。

意见 5：作者提到“婴幼儿阶段最主要的任务是进行社会学习和语言学习”，建议列出参考文献。

回应：已添加（见 322 行）。

意见 6：本文对未来该领域如何开展研究提供的建议之一是关注婴幼儿睡眠对语言和社会学习的记忆巩固作用，然而似乎在综述当中提到前人已经有研究过睡眠对语音和卡通人脸等的记忆巩固作用。似乎并不是全新的方向。

回应：感谢审稿人的仔细阅读。我们非常赞同您的观点。目前我们修改了本段的说法（319-324 行），承认目前已经存在一些研究探讨了婴幼儿睡眠对语音和卡通人脸的记忆巩固作用（Horváth et al., 2018; Gómez et al., 2006; Hupbach et al., 2009）。但由于语言学习和社会学习对婴幼儿非常重要，而这两种学习的范围还很广，还有许多值得研究的问题，因此需要从其他一些角度继续深入考察睡眠对婴幼儿社会和语言学习的影响。

意见 7：本文对未来研究方向提出的其中一个展望是“睡眠能否帮助婴幼儿调节情绪，减轻焦虑和恐惧？”这一点似乎与本文的“学习”主题有点偏离。

回应：感谢审稿人的评述，我们此次修改删掉了这一句内容，确实有点儿跑题了。

意见 8：睡眠是人们普遍认同对身心健康很重要的基础生活环节，如果只是说睡眠对学习起了巩固作用，那么可能不是太让人惊讶的话题。反而是睡眠对什么类型的学习没有起到巩固作用，更能引起读者强烈的好奇心。建议作者可以梳理一下睡眠对婴幼儿什么记忆类型没有显著效应。比如文中提到选择性睡眠记忆巩固的研究，如不相关动作（例如移除玩具车后的障碍，车仍静止）。进一步的说，睡眠对记忆的巩固作用是否与睡眠中的信息深度加工或 causal reasoning 有关？

回应：感谢您的建议，我们非常认同您的观点。本文已经尽力综述了已有婴幼儿文献中的“睡眠对某种记忆类型没有显著效应”的研究发现，主要涉及三项实验研究。第一，也是您上述提到的 Konrad 等（2019）的研究，他们发现睡眠可帮助幼儿有选择地“抛弃”对未来无用或不相关的信息（105-112 行）。第二，Mooney 等（2021）的研究发现，睡眠记忆巩固过程中，海马的激活与幼儿的时间顺序记忆相关，而与空间位置记忆无显著相关（122-129 行）。第三，Friedrich 等（2020）的研究发现，幼儿同时进行情景和语义学习后，睡眠可以巩固情景记忆并保护精确的情景记忆暂时性地免受语义记忆的干扰（172-181 行）。此外，Spanò 等（2018）的研究发现，典型发育的幼儿只有经历过小睡才能巩固单词语义学习，而唐氏综合症患儿在经历小睡后单词语义学习的准确率与“无小睡组”相比反而有所下降（181-186 行）。

至于睡眠为何对某种记忆类型没有显著效应，我们也同意您的观点，即这可能与睡眠中信息的选择性加工有关，目前成人研究也支持了这一观点（例如 Wilhelm et al., 2011; Sterpenich et al., 2021），但是已有的婴幼儿研究还没有涉及，因此我们觉得在本综述中不适合展开阐述。

文献信息：

Sterpenich, V., van Schie, M. K. M., Catsiyannis, M., Ramyeed, A., Perrig, S., Yang, H. D., Van De Ville, D., & Schwartz, S. (2021). Reward biases spontaneous neural reactivation during sleep. *Nature communications*, 12(1), 4162. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24357-5>

Wilhelm, I., Diekelmann, S., Molzow, I., Ayoub, A., Mölle, M., & Born, J. (2011). Sleep selectively enhances memory expected to be of future relevance. *The Journal of neuroscience*, 31(5), 1563–1569. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3575-10.2011>

意见 9：一个读者可能很感兴趣的话题，就是除了睡眠有好处，可能更重要的是操作上，究竟是睡眠的时机（学习后马上睡觉）、时长（增加睡眠时间）还是频率（穿插多睡几次）是关键？是日间小睡还是夜间睡眠能产生最好的记忆巩固效果？建议作者也可以梳理一下。

回应：感谢您的建议，我们在展望部分进行了讨论，请见 332-338 行。

意见 10：睡眠纺锤波作为一个关键词，似乎在文中没有很好的铺垫引入，比如告诉读者它

在成人研究中作为何种睡眠脑电指标。

回应：感谢审稿人的建议，已添加（见 35-37 行）。

意见 11：文中总结了 Konrad et al., Journal of Sleep Research, 2019 研究中回忆正确率：基线组 > 睡眠组 > 清醒组。未经历学习的基线组优于睡眠组，是因为包含了无用信息的记忆吗？

回应：非常抱歉，这里我们之前写错了，对无关动作的回忆正确率应该是：基线组 < 睡眠组 < 清醒组。基线组由于没有学习，所以回忆正确率是最低的。睡眠组通过睡眠，抑制了对无关信息的记忆，因此回忆正确率略低于清醒组。我们已更新了表 1。

.....

审稿人 2 意见：

该综述文章从陈述性记忆和程序性记忆两种记忆类型入手，介绍了睡眠对婴幼儿记忆巩固的作用。结果发现，睡眠在个体发展的早期阶段具有记忆巩固的重要作用，可以提高婴幼儿的学习效果以及问题解决能力，并且睡眠的不同阶段和特征对不同类型记忆巩固的影响也存在差异。总体而言，研究问题明确，论据充分，通过对已有研究的回顾总结，介绍了婴幼儿睡眠依赖性记忆巩固的行为和脑研究进展，帮助我们更好的理解和掌握睡眠对婴幼儿学习的记忆巩固作用，这为未来婴幼儿记忆巩固相关研究提供了启示。文章还存在一些小问题。具体问题如下：

意见 1：摘要中“睡眠依赖性记忆巩固”应给出定义，便于读者快速理解内容。

回应：非常感谢审稿人的建议。我们已在摘要中给出了定义（见 3-4 行）。

意见 2：引言部分“最初的学习以及维持学习后记忆表征的稳定阶段并不依赖于睡眠，而无复述情况下提高记忆的增强阶段则通常发生在睡眠中”这句话作者似乎是想表达记忆的学习和稳定阶段不依赖于睡眠，而增强阶段依赖睡眠。由于阶段前加了修饰语，理解起来有点困难，建议作者表达更清晰，如可以把修饰语放在括号内。

回应：感谢审稿人的仔细阅读。已做出修改（见 20-22 行）。

意见 3：引言部分“但对不同类型的记忆，睡眠对记忆巩固的脑神经机制可能有所不同”睡眠对不同类型记忆巩固的脑神经机制差异有没有可能是因为两种记忆类型本身的脑机制就存在差异？

回应：针对“睡眠对不同类型记忆巩固的脑神经机制差异是否因为两种记忆类型本身的脑机制存在差异？”这一问题，目前还没有明确的答案。我们认为睡眠对不同类型记忆巩固的脑神经机制差异可能与两种记忆类型本身的脑机制差异有关，也可能与睡眠阶段对不同类型记忆激活或重组的差异有关。未来可能需要更多的研究来揭示睡眠和记忆之间更复杂的交互机制。

意见 4：引言部分“此外与成人不同，白天睡眠(即小睡)是婴幼儿期睡眠的常见组成部分，对生命早期记忆的发展至关重要”白天睡眠对生命早期记忆的发展如何重要，体现在哪些方面，建议展开阐述。

回应：非常感谢审稿人的建议。我们此次修改增加了白天睡眠对生命早期记忆发展重要性的阐述（见 61-65 行）。

意见 5：作者在引言中提到睡眠纺锤波和睡眠慢波在生命早期的变化，二者对记忆巩固有什

么影响？

回应：我们后文在综述的主体部分对此问题进行了详细的展开，因此此处我们仅添加了一句总括性的语句，希望审稿人理解（见 58 行）。

意见 6：2.1 睡眠对婴幼儿情景记忆的巩固中“Konrad 等（2019）在另一项动作模仿研究中考察了幼儿的选择性睡眠记忆巩固……而经历了睡眠的幼儿并没有表现出此种有序回忆的模式：他们只对四个玩具相关动作有明确的记忆。”作者提到学习后未经历睡眠的幼儿大脑任保留了之前学习过的八个动作序列的信息，他们是否记得相关动作呢？

回应：未经历睡眠的幼儿大脑任保留了之前学习过的八个动作序列的信息，包括了相关动作和不相关动作的信息。

意见 7：2.1 睡眠对婴幼儿情景记忆的巩固中“由于该课题组上述两项研究结果并不完全一致……”，作者可以对不一致结果的可能原因进行简单讨论。

回应：已做补充，见 129-132 行。

意见 8：总结与展望部分“其中白天小睡对陈述性记忆巩固尤为重要，而程序性记忆巩固则更需要夜间睡眠的参与”中程序性记忆巩固和陈述性记忆巩固似乎没有直接对比，可以说程序性记忆巩固则更需要夜间睡眠的参与吗？

回应：感谢审稿人的仔细阅读。我们修改了相应的表述（289-290 行）。

意见 9：总结与展望部分“同时睡眠脑电特征（如纺锤波、慢波振幅等）也会对婴幼儿记忆的巩固起到积极的作用。”睡眠脑电特征是伴随睡眠出现的，不能说睡眠脑电特征对记忆巩固具有积极作用，不太恰当，作者需要仔细斟酌。

回应：感谢审稿人的仔细阅读。已做修改，请见 291 行。

意见 10：文中有一些错别字，希望作者可以仔细核对。如“发现在学习后未经历睡眠的幼儿大脑任保留了之前学习过的八个动作序列的信息”中的“任”应该是“仍”。

回应：感谢审稿人的仔细阅读。已做修改，见 109 行。

.....
审稿人 3 意见：

本文选题新颖，目前已有大量关于成人、青少年睡眠依赖记忆巩固的相关研究，而针对婴幼儿的研究较少。但目前该文还存在文献堆砌，对前人研究的总结不够深刻等问题。

意见 1：本文对一些重要的文献缺乏引用，如(Seehagen et al. 2019 doi: 10.1111/cdep.12321)。该团队特别强调儿童记忆编码和回忆时“内部状态”的重要性，本文需结合起来进行讨论。

回应：感谢您的建议。本文在 2.1 节的第二段，专门介绍了 Seehagen 课题组的三项与本文主题最相关的婴儿研究。您提到的 Seehagen et al. (2019)这篇综述，主要观点也是睡眠对婴幼儿记忆的影响，我们本轮修改将之添加到了这段（见 104-105 行）。

意见 2：目前摘要缺乏实质性内容，应在睡眠脑电特征和记忆内容的关系等，提出一些实质性的几条结论。

回应：感谢审稿人的建议，我们对摘要进行了修改和补充（见 9-10 行）。

意见 3: 对于陈述性记忆的情景记忆、语义记忆需要做一个简单的介绍。目前总结的语义记忆部分, 很多也可以归到情景记忆中去。对于婴幼儿, 定义语义记忆本身恐怕会有很大分歧, 这部分应该去强调记忆的“泛化”能力, 而不是所谓的语义记忆。

回应: 感谢, 我们非常同意您的观点! 根据您的建议, 我们对文章进行了相应的修改和补充 (见 75-76 行、139 行、162 行、164 行、213-214 行)。

意见 4: 对于白天小睡和夜晚睡眠的不同贡献, 希望能够单独作为一个主题在总结中讨论。作者提到“白天小睡对陈述性记忆巩固尤为重要, 而程序性记忆巩固则需要夜间睡眠的参与”, 需要有更多证据。是否白天小睡由于更好实施, 在儿童研究中被片面放大了?

回应: 感谢审稿人的建议。我们在文章的展望部分进行了补充 (见 332-338 行), 同时修改了关于小睡和夜间睡眠的结论 (289-290 行)。此外我们认为, 白天小睡和夜间睡眠对记忆的不同影响可能是因为 NREM/REM 在两种睡眠中的占比不同, 因此也值得研究。

关于您提到的, 小睡的重要性可能由于小睡更方便实施因此被放大了, 我们目前也无法排除这一可能。目前我们只能根据文中提到的一些研究, 例如 Desrochers 等(2016)和 Horger 等(2023)等的研究, 获知相比于陈述性记忆, 程序性记忆巩固对夜间睡眠的依赖程度更高, 因为这两项研究同时考察了白天小睡和夜间睡眠对程序性记忆巩固的作用。

意见 5: 总结部分对新生儿群体的思考有一点新意, 但可实现性是个挑战。特别是实验伦理的问题也需要考虑。

回应: 是的, 新生儿的实验做起来有一定难度, 我们课题组也一直在努力。我们所有的实验设计方案都必须经过实验依托单位 (通常是医院) 的伦理委员会的严格审定, 同时也需要获得新生儿监护人的知情同意。本文的展望部分提出的是我们对未来研究方向的思考, 我们认为伦理的相关问题不适合写入正文, 因为符合伦理、获取知情同意, 是所有心理学实验的基本要求。

意见 6: 表 1 中应该加上每项研究的睡眠时长, 小睡和整夜睡眠也需要做区分, 涉及神经科学的结论, 也要予以报告。

回应: 感谢您的建议, 因为每项研究并没有对睡眠时长进行一一报道 (特别是整夜睡眠的时间), 因此我们在表内仅添加了睡眠类型和涉及到的神经科学结果, 详见表 1、表 2 的睡眠类型和主要发现两列的内容。文献中报告了睡眠时长的, 我们都在正文中介绍了。

意见 7: 错别字的问题, 如: 发现在学习后未经历睡眠的幼儿大脑“任”保留了。

回应: 已做修改, 见 109 行。

意见 8: 标靶记忆重激活, 通常称为“目标”记忆重激活。

回应: 感谢审稿人的建议, 已修改 (113 行)。

意见 9: “脑是如何在睡梦中巩固新学到的单词”这里的睡梦恐不妥。

回应: 已改为“睡眠”, 见 216 行。

意见 10: “成人研究发现睡眠能降低负性情绪的强度, 增强正性情绪的持久性”, 你确定能“增强正性情绪的持久性”。

回应: 感谢审稿人的意见。这里我们确实写得太随意了, 此处应修改为“能增强正性情绪体验” (327 行), 例如 Tempesta 等 (2018) 综述中提到的 Gujar 等 (2011) 的研究。

第二轮

审稿人 1 意见：

本文修改后消除了许多问题和不足，文章的可读性和学术水平都有了较大提高。

作者在文中提出未来研究课选用对婴幼儿简单且便于他们行为输出的学习和记忆测试任务，包括但不限于视觉辨别学习任务（可考察眼动指标），双耳竞争性语音学习任务（可考察转头偏好等）。建议补充更新的任务范式以推动该领域中对婴幼儿睡眠效应的测试。

回应：我们这里提到的视觉辨别学习任务、双耳竞争性语音学习任务其实已经是适合婴幼儿的实验范式了。在本轮修改中，我们又增补了一个未来的方向，即直接通过脑电 MMR 等指标考察婴幼儿的记忆和学习的效果，不去观测记忆测试的外显行为指标（318-319 行），因为行为记忆测试在婴幼儿被试中很难操作。

审稿人 2 意见：作者回答了我所有的问题。我认为该稿件已经达到了贵刊发表的水平，可以录用发表。

审稿人 3 意见：之前的问题已经得到很好解决。后面修改时注意指出表 1 和表 2 的具体位置。

回应：感谢您的提醒，我们已经在正文中明确了表格的引用位置（226、286 行）。

编委 1 意见：同意发表。

编委 2 意见：同意发表。

主编意见：根据编委和审稿专家的意见，建议发表。